



www.bvbusiness-school.com

CONTROL ESTADÍSTICO DE PROCESOS

El Control Estadístico de Procesos es un conjunto de técnicas estadísticas destinadas a hacer un seguimiento, en tiempo real, de la calidad que ofrece un proceso. El resultado de dicho proceso puede ser un artículo o un servicio. El Control Estadístico se realiza sobre una o varias variables que estén relacionadas con la calidad del artículo o servicio de interés.

El concepto y utilidad del Control Estadístico de Procesos se desarrolló inicialmente para procesos industriales, campo que constituye todavía su aplicación más frecuente.

Sin embargo, hay que destacar que, hoy en día, todas estas técnicas han demostrado ser muy útiles en cualquier proceso de una organización, incluyendo los administrativos, de fabricación o de servicios.

OBJETIVOS

Adquirir las competencias necesarias para conocer el concepto de Control Estadístico de Procesos y comprender su uso.

CONOCIMIENTOS

- Concepto de Control Estadístico de Procesos.
- Variación.
- Causas de la Variación.
- Proceso Estable.
- Capacidad de un Proceso.
- Análisis de la Capacidad de un Proceso.
- Software para el Control Estadístico de Procesos.

BUREAU

VERITAS

CONTROL ESTADÍSTICO DE PROCESOS

El Control Estadístico de Procesos, **CEP**, también conocido por sus siglas en inglés SPC (Statistical Process Control), es un **instrumento de gestión** que, comparando el funcionamiento del proceso con unos límites establecidos estadísticamente, permite **implantar y garantizar los objetivos deseados bajo la filosofía de la prevención**.

A la vez, permite conseguir, mantener y mejorar procesos estables y capaces.

Todo esto **se consigue a través de un conjunto de herramientas estadísticas** que permiten recopilar, estudiar y analizar la información de procesos repetitivos para poder tomar decisiones encaminadas a la mejora de los mismos.

El **elemento sobre el que actúa el CEP** es, por tanto, **el proceso**. Para ello, debe conocer el comportamiento global de éste así como su comportamiento en el curso de producción, si nos encontramos en este sector, ya que de esta manera podrán llevarse a cabo medidas correctoras tanto para el proceso en sí, como en el curso de producción, mejorando y consiguiendo procesos capaces y bajo control.



El Control Estadístico de Procesos produce el efecto de:

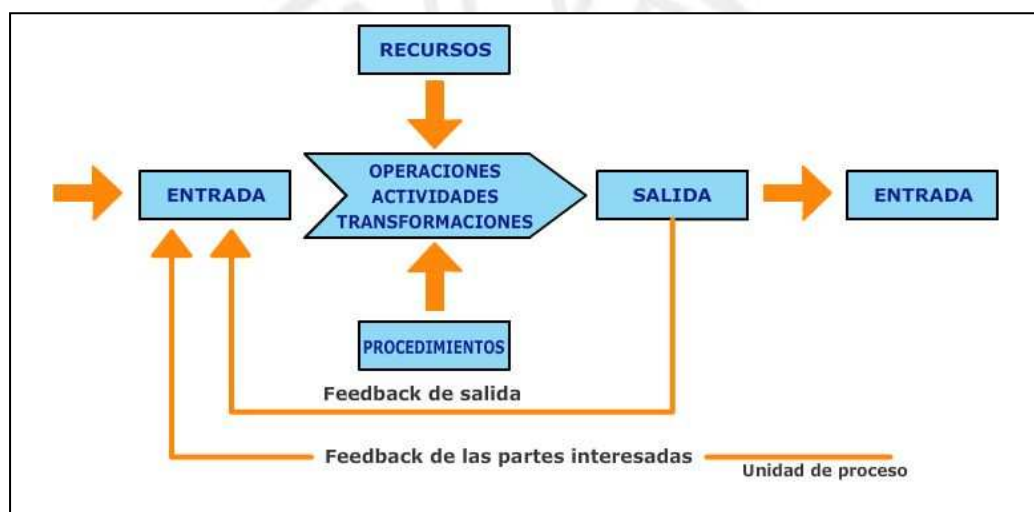
- **Conocer la variación** de los factores que integran un proceso.
- **Prevenir los defectos**.
- **Reducir los costes**.
- **Cumplir los requisitos**.

VARIACIÓN

En todos los procesos repetitivos encontramos variación y, a pesar de que la variación está implícita en todo lo que se hace y lo que nos rodea, difícilmente se puede evitar.

Las diferencias, ya sean grandes o pequeñas, siempre existen.

Variación en un Proceso



“Un **proceso** es un conjunto de actividades mutuamente relacionadas que interactúan, las cuales transforman elementos de entrada en resultados”.

Norma ISO 9000

Esta definición puede ser aplicada a cualquier tipo de proceso de una organización, ya sea desde los más simples a los más complejos, o aplicarlo al diseño, desarrollo o producción de un producto o servicio.

Aunque tratemos habitualmente procesos de producción, el concepto de variación es aplicable a procesos administrativos, de fabricación o de servicios.

Así, tenemos, como ejemplos: la variación en ventas, en presupuestos financieros, en tiempos de entrega de mercancías, en horas de llegada del personal, o, por ejemplo, problemas con distintos pesos de un producto, dimensiones, ajustes de maquinaria, etc.

La variación está presente en todos los procesos. Su estudio y su reducción son los métodos principales de la mejora de la calidad.

La variación detectada es, así, la suma de la variabilidad real, intrínseca al proceso y debida a factores no controlados, más la variabilidad de la medida, ya que no existe un sistema de medición perfecto.

Factores de Influencia

Un resumen de los distintos factores que afectan a un proceso es el siguiente:

- Mano de obra.
- Materia prima.
- Medio ambiente.
- Método de producción.
- Máquinas.
- Medición.



BUREAU
VERITAS

CAUSAS DE LA VARIACIÓN

Todo proceso produce variaciones. Éstas pueden ser de distinta naturaleza:

- Cuando estas variaciones aparecen sin ser posible atribuirles a una causa única, siendo resultado de efectos combinados de muchas causas, se dirá que éstas, son debidas a **causas no asignables** o **causas aleatorias**.
- Cuando las variaciones pueden aparecer por otras causas, de forma que cuando actúan producen efectos que se pueden atribuir con certeza a un motivo, se denominan **causas asignables** o **causas especiales**.

Causas no Asignables o Aleatorias

Su **naturaleza** es de **tipo aleatorio**, debidas a la propia variación natural del proceso, y como consecuencia de las mismas, el **proceso** tiene un **comportamiento estable** en el tiempo, de forma que las características de salida se pueden predecir.

Características
<p>Las causas aleatorias se caracterizan por:</p> <ul style="list-style-type: none">■ Consistir en muchas causas de variación pequeña provocando pequeñas fluctuaciones en los datos sin afectar al proceso global.■ Aparecer en muchos instantes del proceso.■ Ser de variación estable.■ Ser previsibles en el tiempo.■ Permanecer en el proceso y ser inherente a él.■ Difícil y antieconómico reducir sus efectos.

Nunca debe **ajustarse un proceso** cuando la variación es producida por causas aleatorias ya que, aunque individualmente contribuyen a pequeñas fluctuaciones, **en conjunto** nos **dan información del patrón normal de comportamiento** que sigue ese **proceso**.

Ejemplos de este tipo de causas serían: variaciones debidas a la materia prima, a diferencias de habilidad entre el personal, a factores ambientales, etc.

Causas Asignables o Especiales

La **naturaleza** de estas causas **no es aleatoria**, sino que aparecen esporádicamente en el proceso de forma que **cuando actúan producen efectos** definidos, y **cuando se elimina** la causa, se **elimina la variación** producida por ella.

Estas causas pueden provocar variaciones importantes que separen significativamente los datos respecto de la pauta esperada para ese proceso.

Dan como consecuencia un **proceso inestable** sobre el que no se puede predecir la homogeneidad de las características de salida.

Características
<p>Las causas especiales se caracterizan por:</p> <ul style="list-style-type: none">■ Constar de una o pocas causas importantes y fáciles de identificar.■ Aparecer esporádicamente en el proceso.■ Ser de variación inestable.■ Ser imprevisibles en el tiempo.■ Poder reaparecer.■ Actúan en un punto concreto del proceso.

Ejemplos de este tipo de causas serían: desajustes de maquinaria, lotes defectuosos, fallos de controles, errores humanos, etc.

Puede darse el caso de que una misma variable no afecte de igual modo según sea el proceso que se trate, así, por ejemplo, sería el caso de la temperatura afectando al rendimiento de un proceso químico de forma que la variación de ésta sería una causa asignable en ese proceso. Por el contrario, para esta misma causa, en una planta de embalaje, la temperatura ambiente no será una causa asignable, pues al variar no tiene por qué alterarse el proceso.

BUREAU

VERITAS

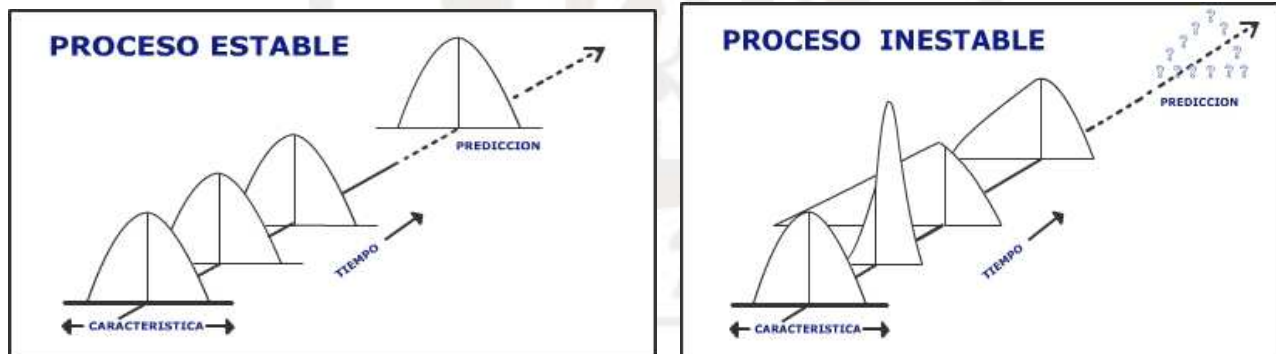
PROCESO ESTABLE

Las **causas de variación**, aleatorias y especiales, **así como** su **intensidad** hacen que un proceso pueda diferenciarse en:

Proceso Estable	Es el que resulta cuando sólo están presentes causas aleatorias de variación. También se dice, para este caso, que el proceso está bajo control .
Proceso Inestable	Es el que resulta cuando aparece alguna causa especial de variación.

Si, al tomar los valores de un proceso, se asume que el comportamiento de los datos corresponde a una distribución normal, se puede representar el proceso mediante una campana de Gauss.

A continuación, se representa un proceso estable y uno inestable a través de estas curvas de normalidad. Para ambos casos, la característica de estudio viene representada con la curva de distribución normal y el gráfico interpreta cómo varía ésta con el tiempo.



- Para **un proceso estable**, se podrá predecir la pauta de comportamiento del proceso con el tiempo.
- Para **un proceso inestable**, es una incertidumbre conocer su comportamiento a lo largo del tiempo.

Proceso Bajo Control

Un proceso se encuentra bajo control, siendo entonces un proceso estable, si:

- El proceso sólo se encuentra **afectado por las causas aleatorias** de variación.
- **Se eliminan** sucesivamente las **causas especiales**, de manera que la variación sea producida únicamente por las causas aleatorias.

Cabe aclarar en este contexto que, el hecho de que un proceso esté bajo control estadístico se refiere a que el proceso es consistente en su comportamiento. Esto no significa necesariamente que el producto o servicio cumpla con lo especificado, puede ser consistentemente incumplido, en el sentido de que, lo que se obtiene del proceso está fuera de las especificaciones.

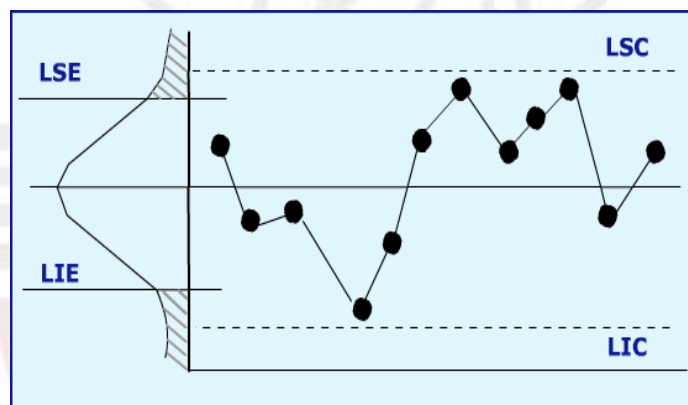
Así, por ejemplo, en el siguiente gráfico se aprecia que existen unos límites de control para el proceso denominados:

- LSC = límite de control superior.
- LIC = límite de control inferior.

Y también figuran los límites de especificaciones, establecidos por el cliente o la organización:

- LSE = límite superior de especificación
- LIE = límite inferior de especificación.

El proceso está bajo control, porque los datos se encuentran dentro de los límites de control establecidos para el proceso, pero no cumple las especificaciones, ya que los límites no cubren toda la curva de datos, de forma que quedarían elementos fuera de ella.



Idealmente, si el proceso está bajo control, se deducen **dos aspectos del proceso**:

Baja Variabilidad	Si un proceso funciona en estado de control, la variación de éste será pequeña .
Predictibilidad	<p>Si un proceso funciona en estado de control, el efecto de las variaciones será de forma aproximada constante, donde ninguna causa de variación domina sobre las demás.</p> <p>De esta forma, el conjunto de efectos dará una variación estable que será fácil de poder estimar a partir de un conjunto de datos históricos.</p> <p>Así, por ejemplo, aunque la calidad final de una pieza concreta no sea predecible, si podrá predecirse la calidad en su conjunto.</p>

Ningún proceso se encuentra de forma espontánea bajo control y conseguir esto es lo que se propone con el control de procesos, de forma que se consigan eliminar las causas especiales para ello.

Beneficios de un Proceso Bajo Control

Si conseguimos tener el proceso bajo control podremos:

- **Predecir** el comportamiento del proceso.
- Saber la **capacidad** a la que trabaja el proceso.
- **Mejorar** el proceso, intentando reducir las causas aleatorias en todo lo posible.
- Utilizar el proceso bajo control como **modelo** para otras áreas.

BUREAU
VERITAS

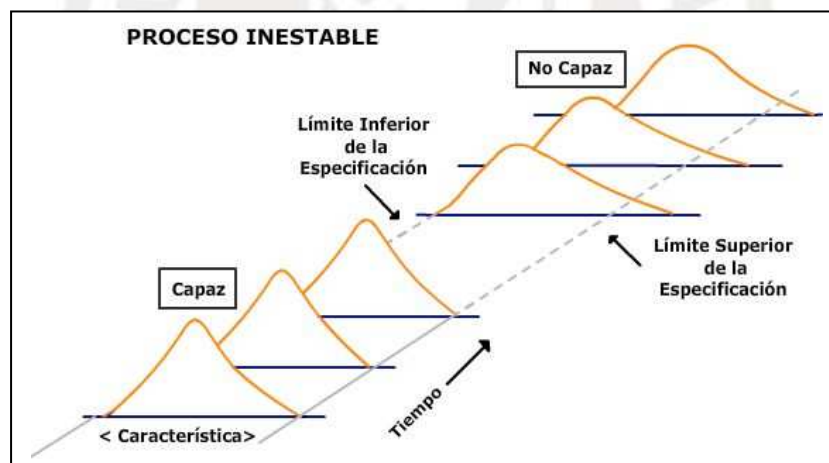
CAPACIDAD DE UN PROCESO

Como hemos comentado, un **proceso** sobre el que **sólo actúan causas aleatorias** se dice que **está bajo control**. Pero este hecho no significa necesariamente que las características de salida sean las especificadas.

Para que ocurra esto, es preciso que la capacidad del proceso, que viene definida por la variación total debida a las causas aleatorias, sea la correcta. Es decir, el proceso debe ser capaz.

Un **proceso es capaz** respecto a una característica determinada si las distribuciones estadísticas de las medias de la misma están dentro de los límites de especificación.

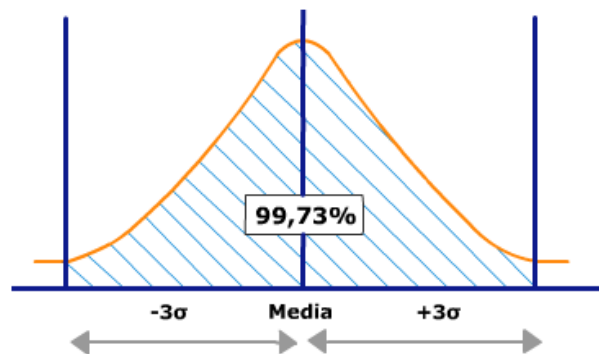
La **capacidad del proceso**, es la determinación de si dicho proceso es capaz de satisfacer las especificaciones que generalmente se establecen con el cliente, dada la variación natural de éste.



Por capacidad se entiende una **medida de dispersión**. Se toma como valor 6 veces la **desviación típica del proceso, σ** :

$$\text{Capacidad} = 6 \cdot \sigma$$

Si el proceso está en estado de control, es decir, no presenta causas especiales, y los datos que se tomen de él siguen una distribución Normal con $N(\mu, \sigma)$, el intervalo $\mu \pm 3\sigma$, correspondiente a una longitud 6σ , recoge el 99.73% de la población.



Aunque trabajaremos considerando 6σ como la capacidad óptima de un proceso, hoy en día, para muchos procesos, este porcentaje es considerado a menudo como insuficiente, tomándose como capacidad del proceso 8, 10, o incluso 12 veces la desviación típica.

Índices de Capacidad

En la mayoría de los procesos se desea comparar un producto o servicio con un conjunto de especificaciones.

Estas especificaciones denominadas generalmente **límites de especificación**, están determinadas por la propia organización o por el cliente.

Algunas veces un producto se fabrica sin especificaciones previas, entonces se habla de **límites de tolerancia naturales** para el proceso.

La **capacidad del proceso**, 6σ , es una **medida de la dispersión natural** de la variable que mide la calidad del producto o servicio. El intervalo 6σ es el que se corresponde con las tolerancias naturales del proceso.

Como ya hemos comentado, bajo normalidad, el 99,73% de la población estará dentro del intervalo 6σ centrado en la media del proceso, por lo que, en este caso, la capacidad del proceso sí es una medida representativa del porcentaje de población aceptable, pero no dice nada sobre si dicha calidad se ajusta o no a las especificaciones.

Los **índices de capacidad** permiten **analizar la variabilidad del proceso con relación a** estos requisitos o **especificaciones** comparando la capacidad del proceso con estos requisitos.

Se utilizará la siguiente notación para los límites de especificaciones:

- LSE = límite superior de especificación.
- LIE = límite inferior de especificación.

A continuación se muestran los índices de capacidad más habituales. Para la interpretación de los índices, se supondrá que la variable de interés se distribuye normalmente.

Índice de Capacidad Cp

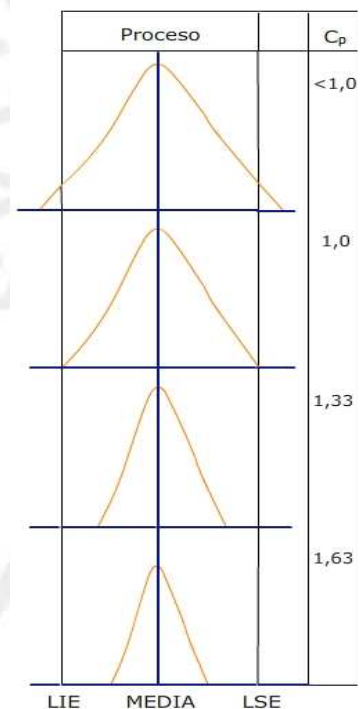
También se denomina **índice de variabilidad** porque este índice de capacidad sólo considera variaciones, sin tener en cuenta si el proceso está o no centrado con respecto a la media.

Se calcula según la fórmula:

$$C_p = \frac{LSE - LIE}{6\sigma}$$

Este índice **compara la relación entre el intervalo de especificaciones, LSE Y LIE, y una medida de la variación del proceso como es la capacidad natural del proceso, 6σ .**

- **Valores inferiores a 1** indican que el **proceso no es capaz** de cumplir con las especificaciones, obteniéndose valores fuera del intervalo especificado.
- **Valores ligeramente superiores a 1** indican que, **si el proceso está perfectamente centrado**, se producirá un **número muy pequeño de unidades defectuosas**, que, sin embargo, aumentará si el proceso se descentra.
- Lo **recomendable** es obtener **valores superiores a 1.33** correspondiente a una capacidad 6σ , para el cual el **proceso es capaz**. Así:
 - $C_p = 1,33 \rightarrow$ mínimo.
 - $C_p = 2 \rightarrow$ deseable.
 - $C_p = 5 \rightarrow$ ideal.



Índice de Capacidad Cpi

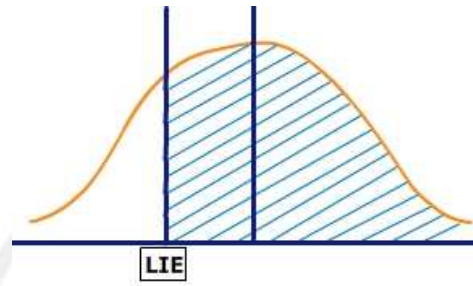
Se denomina **índice de capacidad unilateral inferior**, en inglés abreviado como Cpl.

Se calcula según la fórmula:

$$C_{pi} = \frac{\bar{X} - LIE}{3\sigma}$$

Este índice mide la **relación entre el intervalo** comprendido **entre la media del proceso** \bar{X} , **y el límite inferior de especificación, LIE, y 3σ** , para una capacidad de 6σ .

Se suele utilizar cuando el **intervalo de especificación es unilateral** y sólo existe límite de especificación inferior.



Por ejemplo: la tensión de rotura de cierto material, en este caso sólo existirá el límite inferior de especificación.

Índice de Capacidad Cps

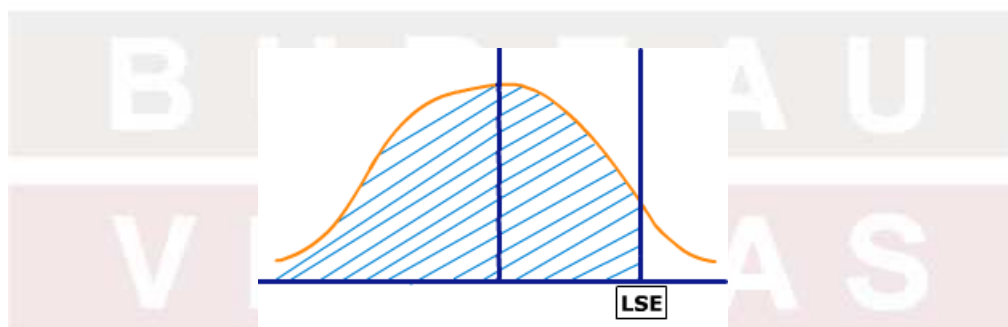
Se denomina **índice de capacidad unilateral superior**, en inglés se utiliza la abreviatura Cpu.

Se calcula según la fórmula:

$$Cps = \frac{LSE - \bar{X}}{3\sigma}$$

Este índice mide la **relación entre el intervalo** comprendido **entre la media del proceso** \bar{X} , **y el límite superior de especificación, LSE, y 3σ** , calculado para una capacidad igual a 6σ .

Se suele utilizar cuando el **intervalo de especificación es unilateral** y sólo existe límite de especificación superior.



Por ejemplo: la temperatura máxima a la que debe funcionar un proceso sólo tendrá límite superior de especificación.

Índice de Capacidad Cpk

Se denomina **índice de descentramiento relativo**.

La letra **k** se identifica con el **coeficiente de descentralización**, luego, este coeficiente se utiliza para calcular el índice de capacidad en procesos no centrados.

El índice de capacidad Cpk no sólo **mide** la **variación** del proceso **respecto** a un **intervalo especificado** sino **también** la ubicación del proceso **respecto a la media**.

Se define como el menor valor encontrado entre el índice de capacidad unilateral superior, Cps, y el inferior, Cpi.

Viene definido por:

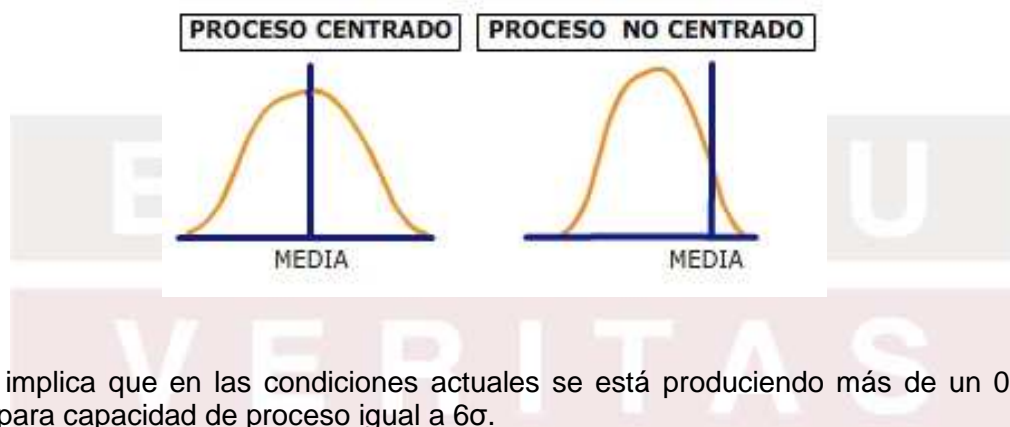
$$Cpk = \min \left\{ \frac{LSE - \bar{X}}{3\sigma}, \frac{\bar{X} - LIE}{3\sigma} \right\}$$

Este índice tiene en cuenta:

- La **media** del proceso.
- La **variación** del proceso.
- Las **especificaciones**.

Se podrán dar dos casos:

- El proceso está **centrado** si $Cpk = Cp$.
- El proceso **no** está **centrado** si $Cpk < Cp$.



Si $Cpk < 1$ implica que en las condiciones actuales se está produciendo más de un 0.27% de defectos, para capacidad de proceso igual a 6σ .

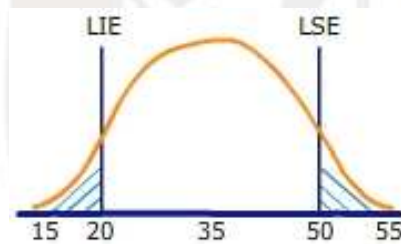
ANÁLISIS DE LA CAPACIDAD DE UN PROCESO

El análisis de la capacidad de un proceso tiene como **objetivos, relacionándolo con los límites de especificación** establecidos:

- Definir **si el proceso es capaz** de cumplir con las especificaciones establecidas a través de los índices de capacidad.
- **Cuantificar la variación** del proceso.
- **Analizar la variación respecto** a las **especificaciones** del producto.
- **Reducir** en lo posible la **variación**, modificando o revisando el proceso.

Aplicación Práctica

Veamos a continuación cómo se calculan los índices de capacidad mediante una aplicación práctica de un proceso al que se le asocia una distribución normal y cuya curva de normalidad se representa como:



Como se puede observar, los límites de especificación y la media del proceso toman los valores:

- $LSE = 50$
- $LIE = 20$
- $\bar{X} = 35$

La curva excede los límites de especificación, con lo cual, existirán datos que se encuentren fuera de las especificaciones.

Para calcular la desviación típica del proceso, consideramos la capacidad óptima de un proceso, que sabemos que se corresponde con el intervalo 6σ , para ello miramos donde se corresponden en la curva los límites de tolerancia naturales del proceso.

En este caso, los valores de 15 y 55 se corresponden con los límites de tolerancia natural y son los que nos darán el resultado de la desviación típica. Si restamos la diferencia entre estos límites tendremos el valor de 6σ :

$$55 - 15 = 40 = 6\sigma \rightarrow \sigma = \frac{40}{6} = 6,67$$

Ahora se calculan los **índices de capacidad** del proceso:

$$■ \quad C_p = \frac{LSE - LIE}{6\sigma} = \frac{50 - 20}{40} = 0,75$$

$$■ \quad C_{ps} = \frac{LSE - \bar{X}}{3\sigma} = \frac{50 - 35}{20} = 0,75$$

$$■ \quad C_{pi} = \frac{\bar{X} - LIE}{3\sigma} = \frac{35 - 20}{20} = 0,75$$

$$■ \quad C_{pk} = \min \left\{ \frac{LSE - \bar{X}}{3\sigma}, \frac{\bar{X} - LIE}{3\sigma} \right\} \rightarrow C_{pk} = 0,75$$

De estos datos concluimos que:

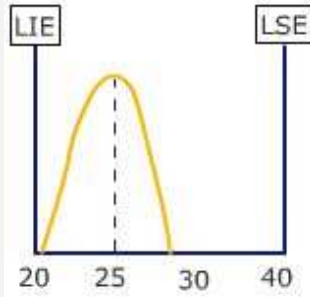
- El proceso está centrado porque $C_p = C_{pk}$ y $C_{pk} = C_{ps} = C_{pi}$.
- El proceso no es capaz, ya que $C_p < 1$ y $C_{pk} < 1$, existe demasiada variabilidad, es un proceso insuficiente.

A continuación se recogen diferentes ejemplos de procesos donde se realiza un análisis de capacidad a partir de los índices de capacidad:

BUREAU

VERITAS

Ejemplos de Análisis de Capacidad



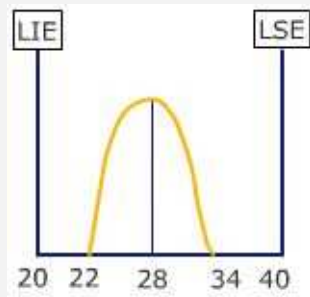
$$Cp = \frac{LSE - LIE}{6\sigma} = \frac{20}{10} = 2$$

$$Cps = \frac{LSE - \bar{X}}{3\sigma} = \frac{40 - 25}{5} = 3$$

$$Cpi = \frac{\bar{X} - LIE}{3\sigma} = \frac{25 - 20}{5} = 1$$

$$Cpk = 1$$

- Proceso poco disperso pero muy descentrado a la izquierda, aunque $Cp > 1,33$, $Cp \neq Cpk$.
- $Cpk = 1$, luego el proceso es poco capaz.



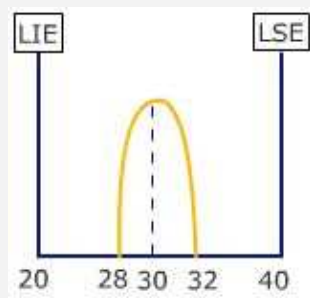
$$Cp = \frac{LSE - LIE}{6\sigma} = \frac{20}{12} = 1,667$$

$$Cps = \frac{LSE - \bar{X}}{3\sigma} = \frac{40 - 28}{6} = 2$$

$$Cpi = \frac{\bar{X} - LIE}{3\sigma} = \frac{28 - 20}{6} = 1,33$$

$$Cpk = 1,33$$

- Proceso algo descentrado hacia la izquierda, $Cp \neq Cpk$.
- Proceso poco disperso.
- Proceso capaz: $Cp = 1,667$ y $Cpk = 1,33$.



$$Cp = \frac{LSE - LIE}{6\sigma} = \frac{20}{4} = 5$$

$$Cps = \frac{LSE - \bar{X}}{3\sigma} = \frac{40 - 30}{2} = 5$$

$$Cpi = \frac{\bar{X} - LIE}{3\sigma} = \frac{30 - 20}{2} = 5$$

$$Cpk = \frac{LSE - \bar{X}}{3\sigma} = \frac{\bar{X} - LIE}{3\sigma} = 5$$

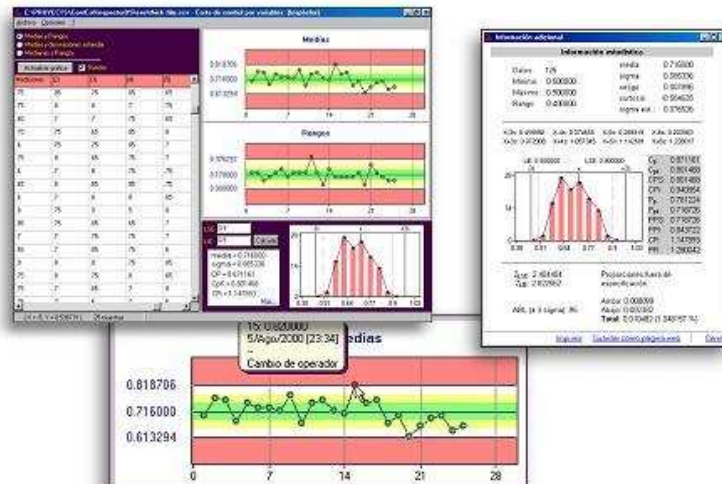
- Proceso centrado: $Cp = Cpk = Cpi = Cps$.
- Proceso muy poco disperso.
- Proceso capaz, $Cp = 5$.

SOFTWARE PARA EL CONTROL ESTADÍSTICO DE PROCESOS

Actualmente existen en el mercado un buen número de aplicaciones informáticas que permiten a las empresas implementar el Control Estadístico de Procesos de una manera más simple y práctica.

Como ejemplo se citan algunos de ellos:

- Inspéctor. <http://www.spc-inspector.com/>
- Minitab Statistical Software. <http://www.minitab.com/spanish/>
- Statgraphics Plus. <http://www.statgraphics.net/>
- WIN SPC Empresarial. http://www.grupoabstract.com/products/software/spc_v.htm



Ventajas

El uso de estas herramientas ofrecen ventajas como:

- **Apoyo práctico** en el Control Estadístico de Procesos.
- **Recolección** y procesamiento de **datos a tiempo real**.
- Posibilidades de **monitoreo** en plantas de producción continua.
- **Interpretación** de los **datos estadísticos** mediante análisis exhaustivos y gráficos.
- **Fácil uso y manejo** de la herramienta informática.
- Ayuda en la **toma de decisiones** sobre el proceso debido a las evidencias objetivas que ofrecen los análisis.

ÁREAS DE FORMACIÓN



FORMACIÓN SUBVENCIONADA A LAS EMPRESAS

Bureau Veritas Business School es Entidad Organizadora de Gestión de las subvenciones a la Formación, ofreciendo el servicio de impartir y gestionar su Formación con las siguientes ventajas:

- Realizar la formación en el momento en que la empresa lo necesite.
- Tramitación de la documentación ante la Fundación Tripartita para la subvención de la Formación a cargo del Crédito Anual de la empresa.
- En la Plataforma de Formación www.bvbusiness-school.com puede conocer los trámites para agrupar su empresa, ver la oferta de formación e inscribir a trabajadores en los Cursos.

Control Estadístico de Procesos

© Bureau Veritas Formación, S.A.
Bureau Veritas Business School

Depósito Legal: AS-03361-2007

Director del Proyecto: Luis Lombardero

Dirección Pedagógica: Carmen González

Reservados todos los derechos. El contenido de esta obra está protegido por la Ley. Queda prohibida toda reproducción total o parcial de la obra por cualquier medio o procedimiento sin autorización previa.

Teléfono: 902 350 077

E-mail: marketing@es.bureauveritasformacion.com

www.bvbusiness-school.com